

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΗΘΜΥΡΙΚΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2017

Κίνητρα μελέτης πλημμυρικών παροχών

- Τεράστιες επιπτώσεις στην οικονομία αλλά ακόμα και απώλειες σε ανθρώπινες ζωές
- Ενδιαφέρον υπό το πρίσμα του πολιτικού μηχανικού, με σκοπό την σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων και την κατασκευή χρήσιμων και λειτουργικών αντιπλημμυρικών έργων
- Μελέτες για ένταση σε μέγεθος και συχνότητα των φαινομένων κατά το πρόσφατο παρελθόν
- Αναζήτηση ανθρώπινων παρεμβάσεων

Παράγοντες που συμβάλλουν στη γένεση ενός πλημμυρικού επεισοδίου



Πολυπλοκότητα του φαινομένου:

- Στοιχεία για μειωτικές τάσεις στα ποτάμια του δυτικού Καναδά
- Στη μεγαλύτερη έκταση των ΗΠΑ λίγες στατιστικά σημαντικές τάσεις, με ποικιλία στο πρόσημο
- Στην Ευρώπη υπάρχουν ορισμένες ενδείξεις για θετικές τάσεις στη Βόρεια Σκανδιναβία, αλλά από την άλλη τα ποτάμια του Ην. Βασιλείου δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές τάσεις
- Σε μελέτη των Kundzewicz et al.(2004) το ένα τέταρτο των παρατηρήσεων στην κεντρική Ευρώπη παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές τάσεις, με άλλες θετικές και άλλες αρνητικές.

Παγκόσμιος Κατάλογος Μεγίστων Παρατηρημένων Πλημμυρών

371 χρονοσειρές ετήσιων παροχών αιχμής από 68 χώρες παγκοσμίως

Τουλάχιστον 50 καταγραφές σε κάθε χρονοσειρά

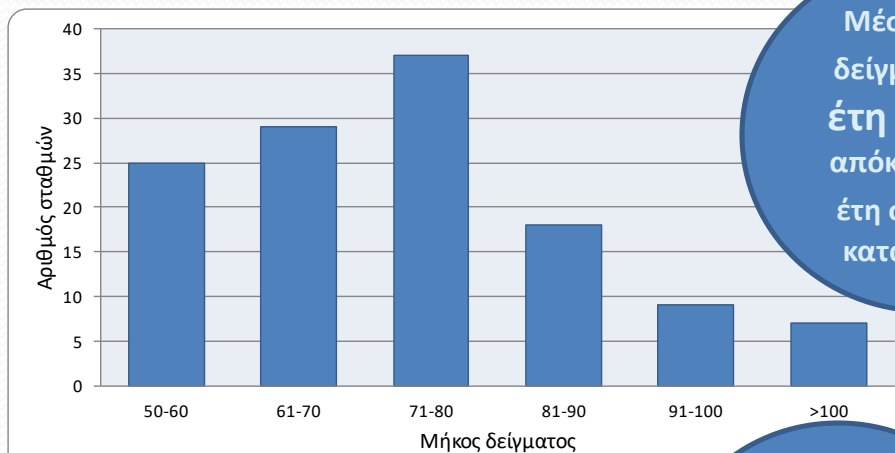


Είτε μετρημένες με όργανα επί τόπου είτε με εκτίμηση εκ των υστέρων

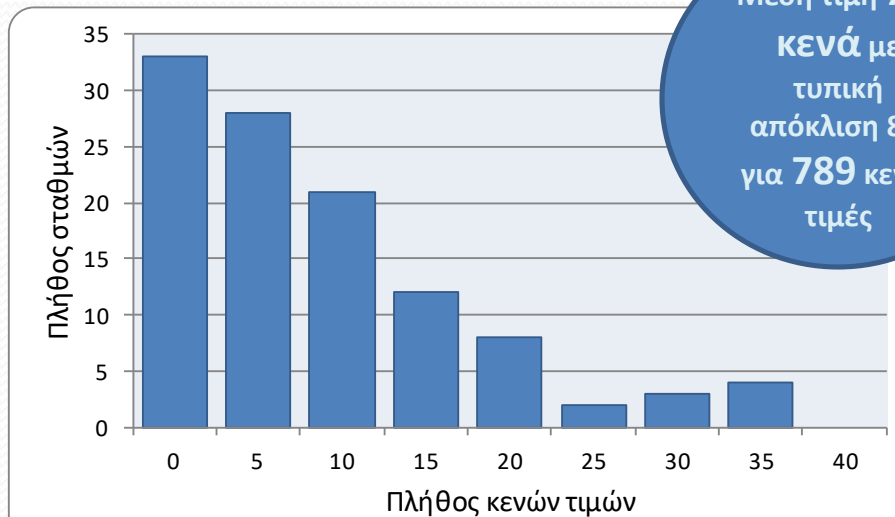
125 επιλεγμένες χρονοσειρές



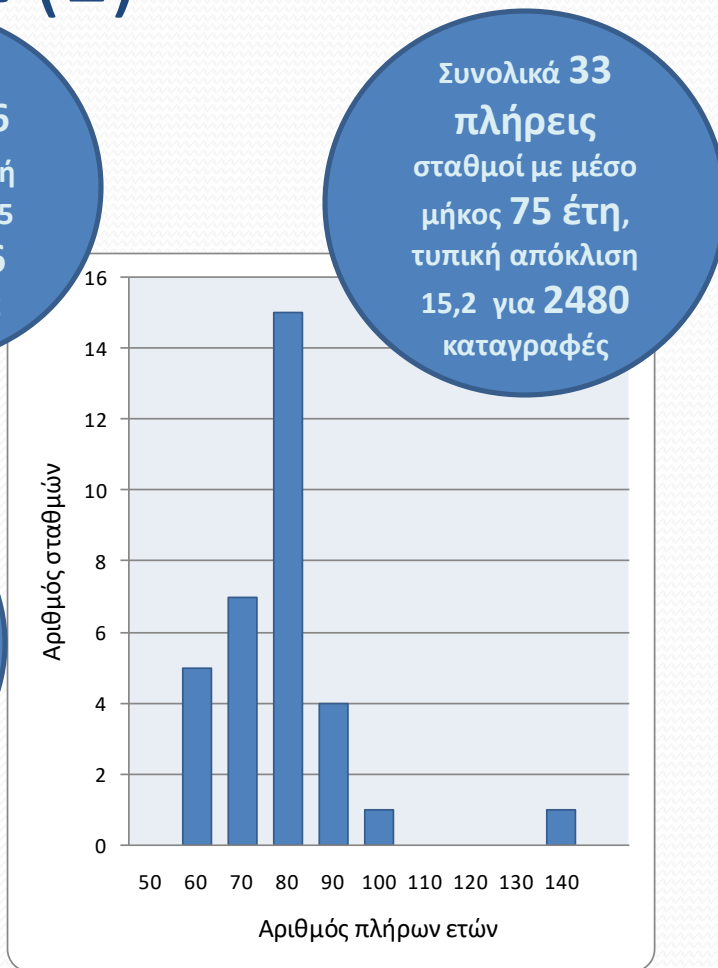
Στατιστικά χαρακτηριστικά (1)



Μέσο μήκος δείγματος **76** έτη με τυπική απόκλιση **23.5** έτη σε **9846** καταγραφές



Μέση τιμή **7.1** ΚΕΝά με τυπική απόκλιση **8.5** για **789** κενές τιμές



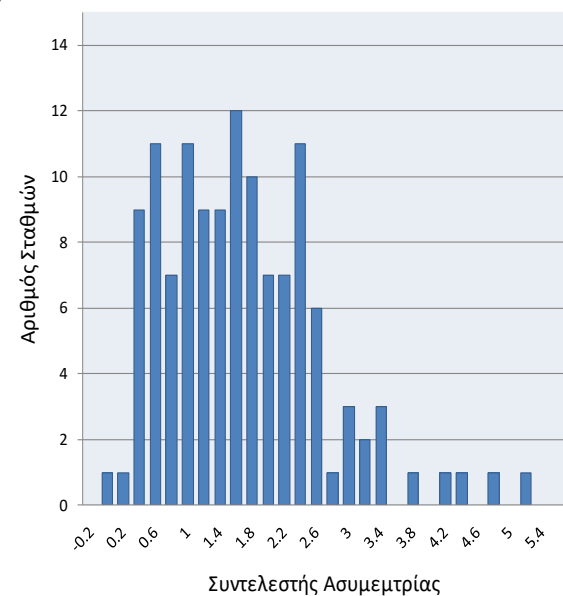
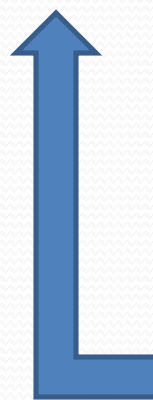
Συνολικά **33** πλήρεις σταθμοί με μέσο μήκος **75** έτη, τυπική απόκλιση **15,2** για **2480** καταγραφές

Στατιστικά Χαρακτηριστικά (2)

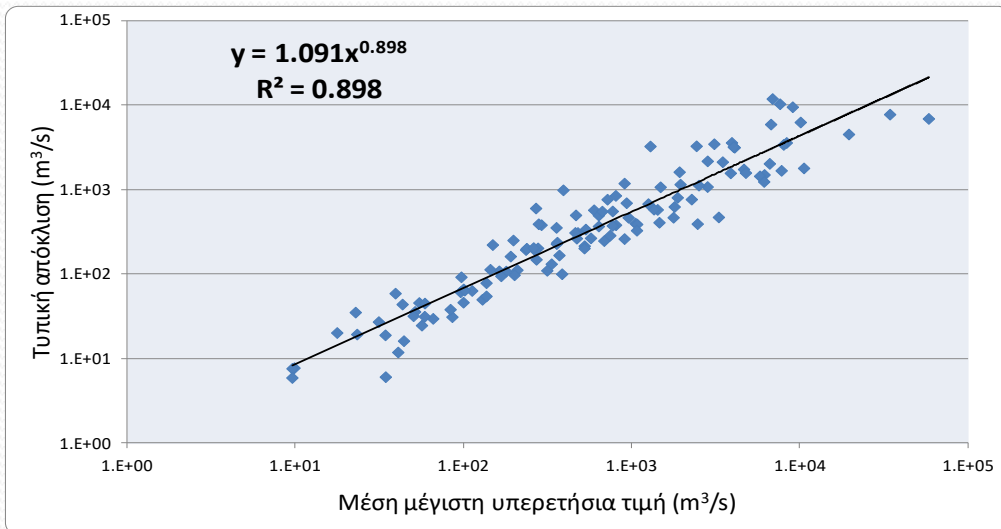
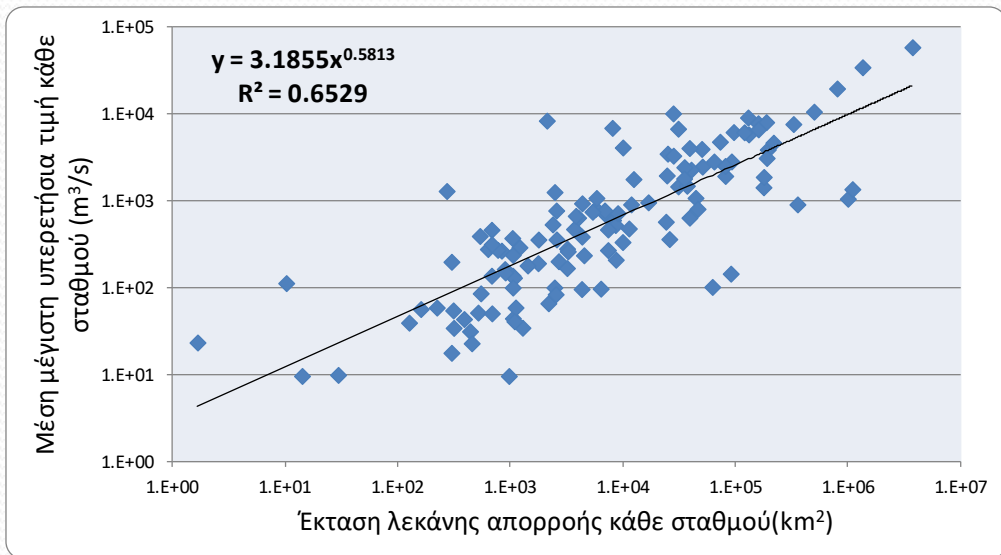
	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (m ³ /s)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (m ³ /s)	ΔΙΑΜΕΣΟΣ (m ³ /s)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (m ³ /s)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (m ³ /s)
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (m ³ /s)	2468.09	1127.04	2236.30	1.58	1092.24	5829.16
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (m ³ /s)	6514.39	2083.68	6471.62	0.98	4437.52	11043.89
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (m ³ /s)	9.58	6.00	7.50	-0.11	0.62	32.00
Q _{2.5}	18.23	8.27	10.81	0.25	1.34	55.78
Q ₂₅	144.54	95.78	115.00	0.83	20.70	501.00
Q ₅₀	525.31	342.39	419.00	1.49	93.00	1750.00
Q ₇₅	1952.80	1090.51	1750.00	2.20	521.00	5070.00
Q _{97.5}	10551.84	7750.69	10288.00	3.99	6350.00	32741.00
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (m ³ /s)	58560.25	11983.99	59280.00	5.02	44510.00	81110.00

• Η μεγάλη τιμή της τυπικής απόκλισης της μέσης τιμής είναι ενδεικτική της μεγάλης διασποράς του φαινομένου σε παγκόσμια κλίμακα όπως επίσης και το μεγάλο εύρος της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής

• Το φαινόμενο παρουσιάζει θετική ασυμμετρία



Αδιαστατοποίηση δεδομένων



Σχέση δύναμης
συνδέει τη μέση
μέγιστη τιμή με
τη λεκάνη
απορροής αλλά
και με την τυπική
της απόκλιση

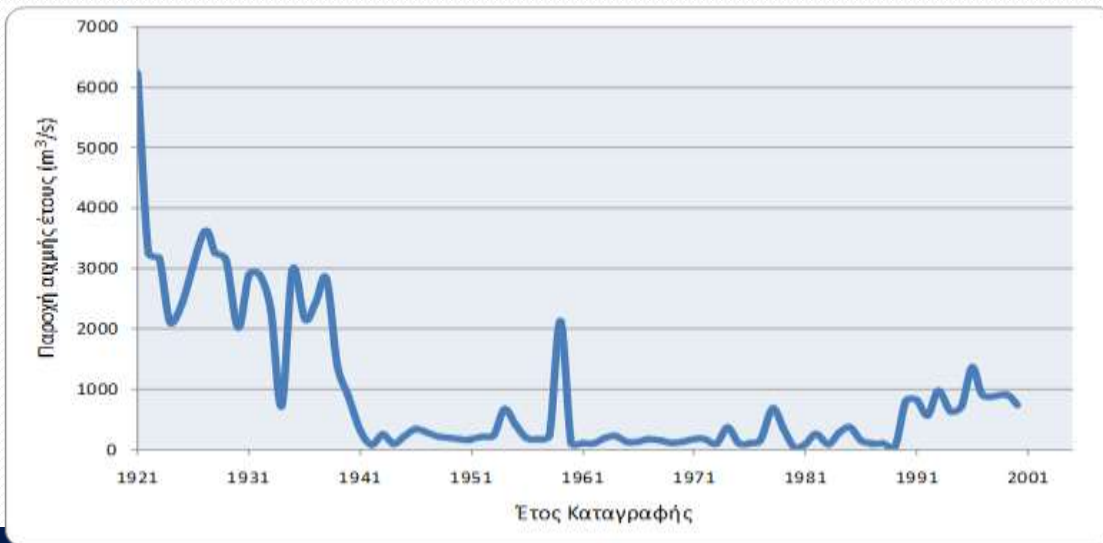


Αδιαστατοποίηση
των δεδομένων :
Διαίρεση όλων
των χρονοσειρών
με την μέση τους
τιμή

Ανθρώπινος Παράγοντας

Χρονοσειρές
ετήσιας παροχής
αιχμής

Αναζήτηση
μεγάλων
ταμιευτήρων ή
έργων εκτροπής
ανάπτυξη



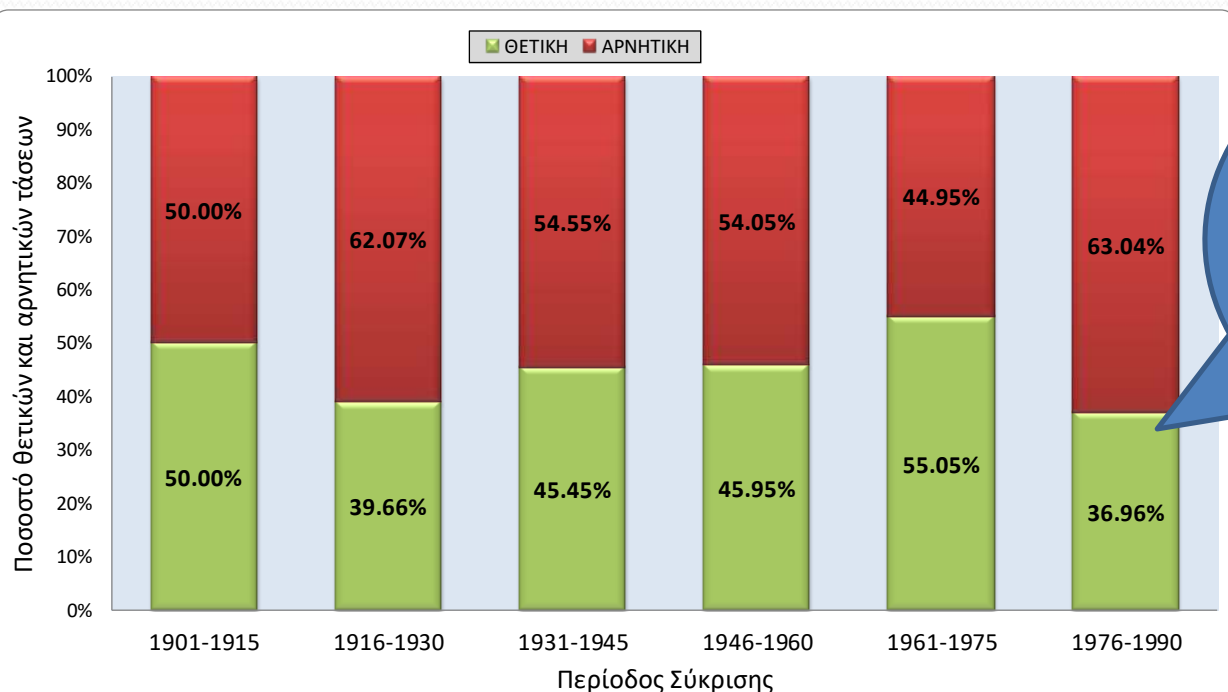
• Αποκλεισμός 12 ποταμών με
εμφανή τα αποτελέσματα της
ανθρώπινης παρέμβασης στη
δίαιτα του ποταμού

Εξαγωγή μιας
«αγνης» βάσης
δεδομένων προς
ανάλυση και
επεξεργασία

Ανάλυση τάσεων με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης (1)

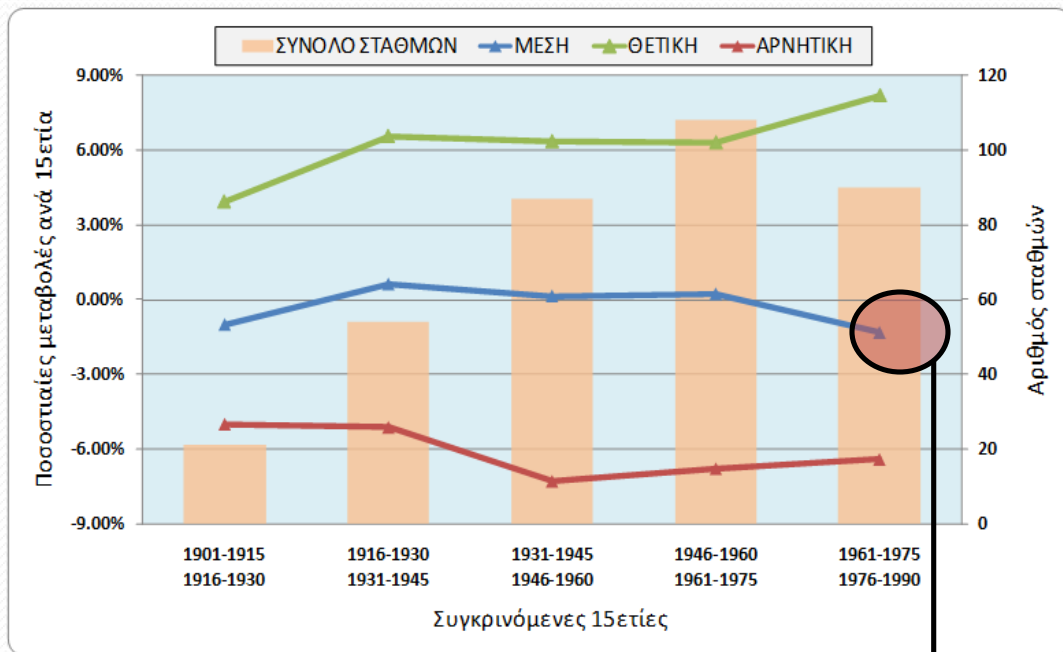
Μελέτη διαδοχικών 15ετιών με τουλάχιστον 10 καταγραφές στο διάστημα αυτό

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	1901-1915	1916-1930	1931-1945	1946-1960	1961-1975	1976-1990
ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΑΘΜΩΝ	22	58	88	111	109	92



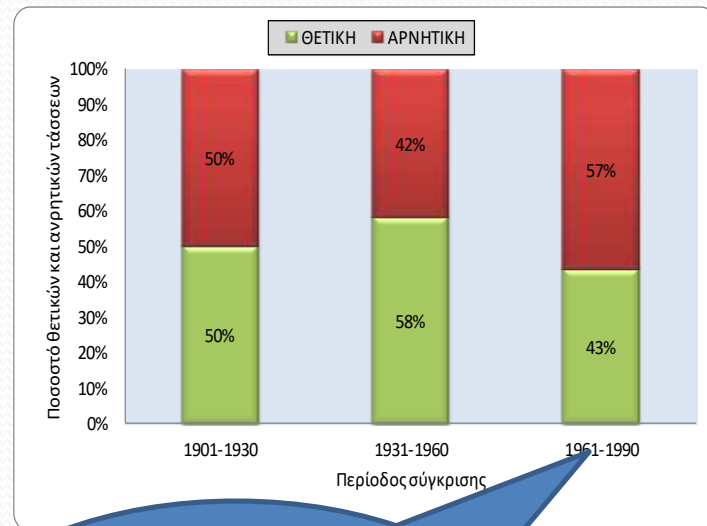
Ειδικά στο πιο πρόσφατο παρελθόν οι σταθμοί με μειωτικές τάσεις είναι περισσότεροι από αυτούς με θετικές

Ανάλυση τάσεων με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης (2)



	(1961-1975) (1976-1990)
ΘΕΤΙΚΗ(>+2.5%)	16
ΑΡΝΗΤΙΚΗ(<-2.5%)	39

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	1901-1930	1931-1960	1961-1990
ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΑΘΜΩΝ	22	100	104



Ειδικά στο πιο πρόσφατο παρελθόν οι σταθμοί με μειωτικές τάσεις είναι περισσότεροι από αυτούς με θετικές

Το Mann- Kendall τεστ

1

$$S = \sum_{i < j} a_{ij} \quad \text{όπου} \quad a_{ij} = \text{sign}(x_j - x_i) = \text{sign}(R_j - R_i) = \begin{cases} 1 & x_i < x_j \\ 0 & x_i = x_j \\ -1 & x_i > x_j \end{cases}$$

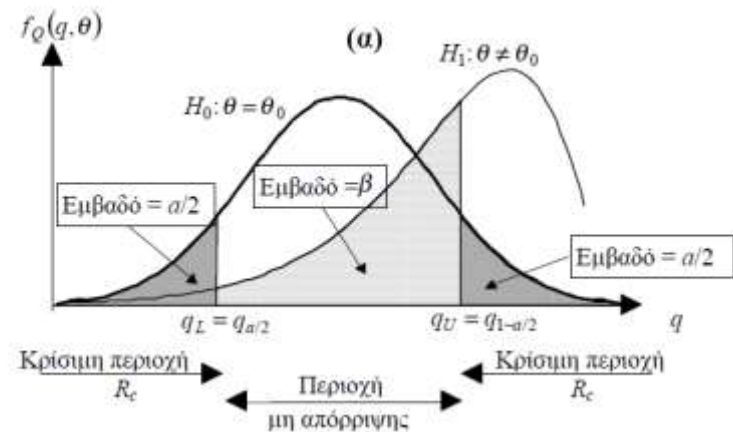
2

$$E[S] = 0$$

$$V_0[S] = n(n-1)(2n+5)/18$$

3

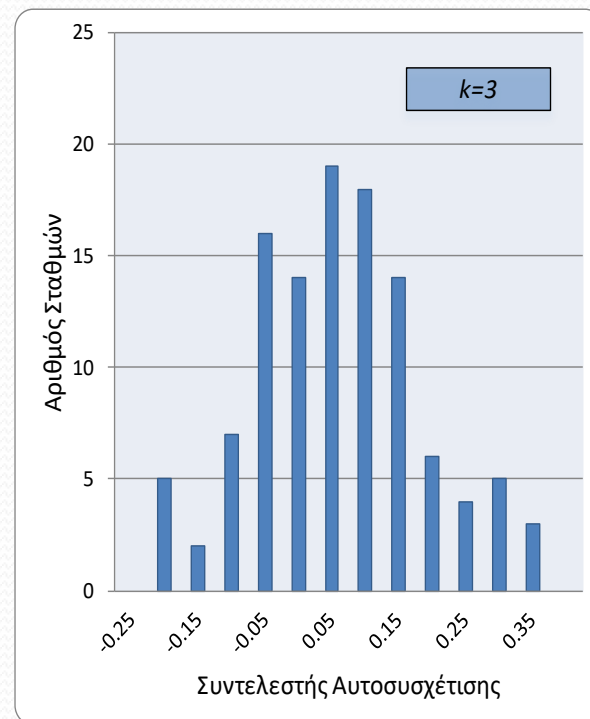
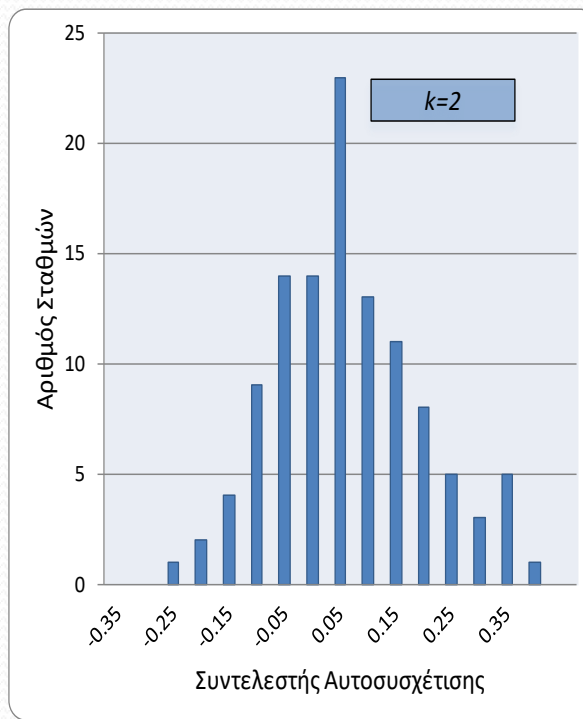
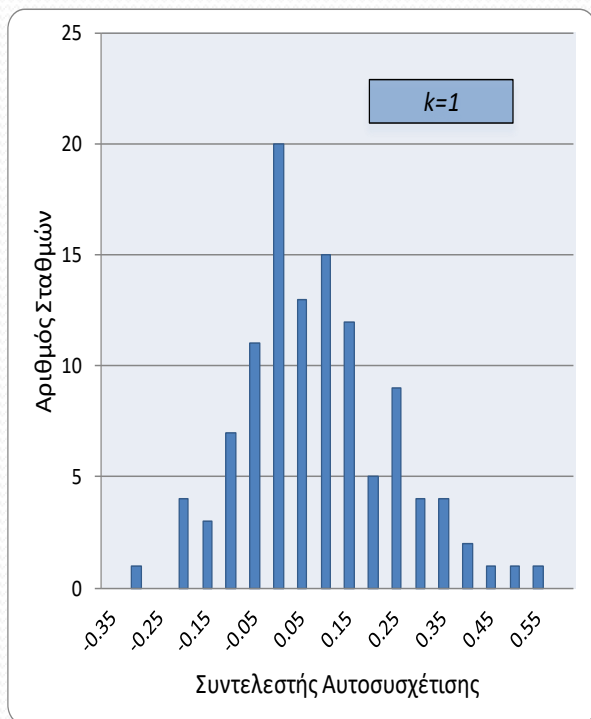
$$u = \begin{cases} (S-1)/\sqrt{V_0(S)} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ (S+1)/\sqrt{V_0(S)} & S < 0 \end{cases}$$



Υπόθεση της
Ανεξαρτησίας

Δομή συσχέτισης των δεδομένων : Συντελεστής Αυτοσυσχέτισης

ΥΣΤΕΡΗΣΗ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΔΙΑΜΕΣΟΣ	$Q_{2,5}$	Q_{75}	$Q_{97,5}$	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ
1	0.059	0.156	0.042	-0.219	0.139	0.396	-0.318	0.503
2	0.040	0.135	0.035	-0.200	0.113	0.329	-0.296	0.393
3	0.036	0.124	0.036	-0.219	0.109	0.300	-0.238	0.331
4	0.016	0.151	-0.003	-0.232	0.115	0.369	-0.332	0.477

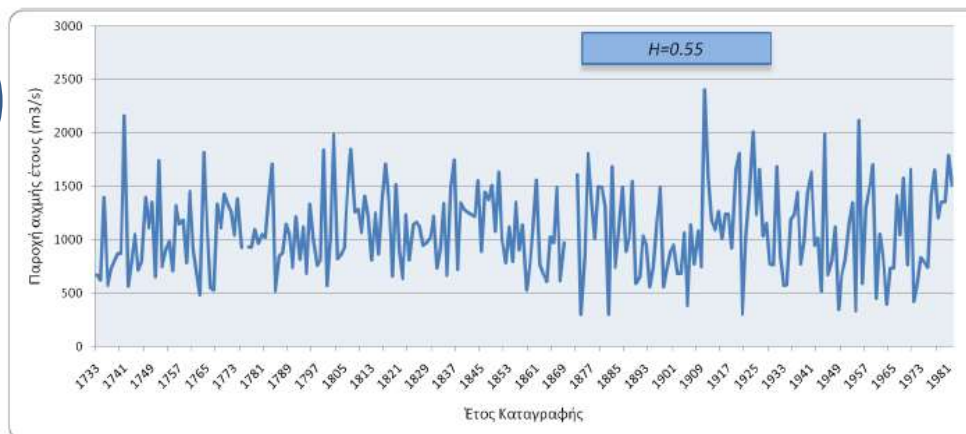
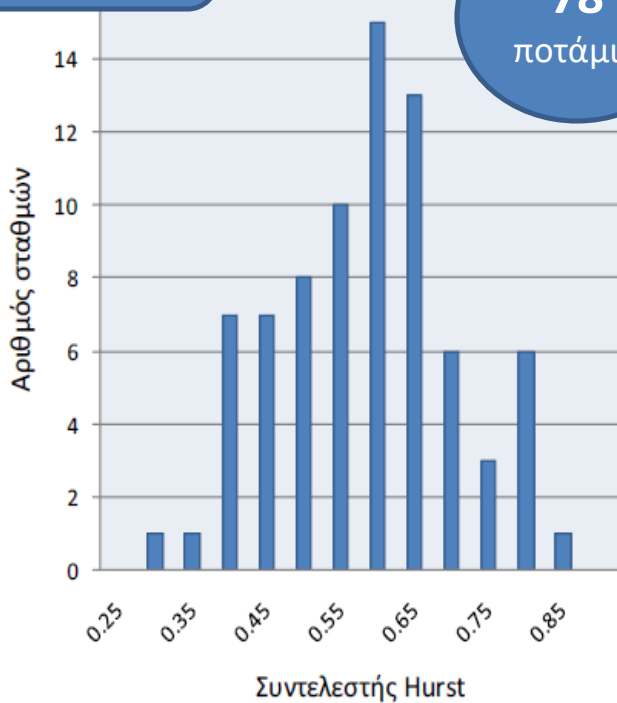


Δομή συσχέτισης δεδομένων: Συντελεστής Hurst

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	Q _{2,5}	Q ₂₅	ΔΙΑΜΕΣΟΣ	Q ₇₅	Q _{97,5}	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
0.26	0.35	0.48	0.57	0.62	0.79	0.84	0.56	0.12

Μέθοδος της συναθροισμένης διασποράς

78
ποτάμια



Επιπτώσεις φαινομένου μακροπρόθεσμης εμμονής



Επιπτώσεις στην εκτίμηση της τυπικής απόκλισης. Εφαρμογή σε 10,000 συνθετικές χρονοσειρές με μεταβαλλόμενο συντελεστή Hurst

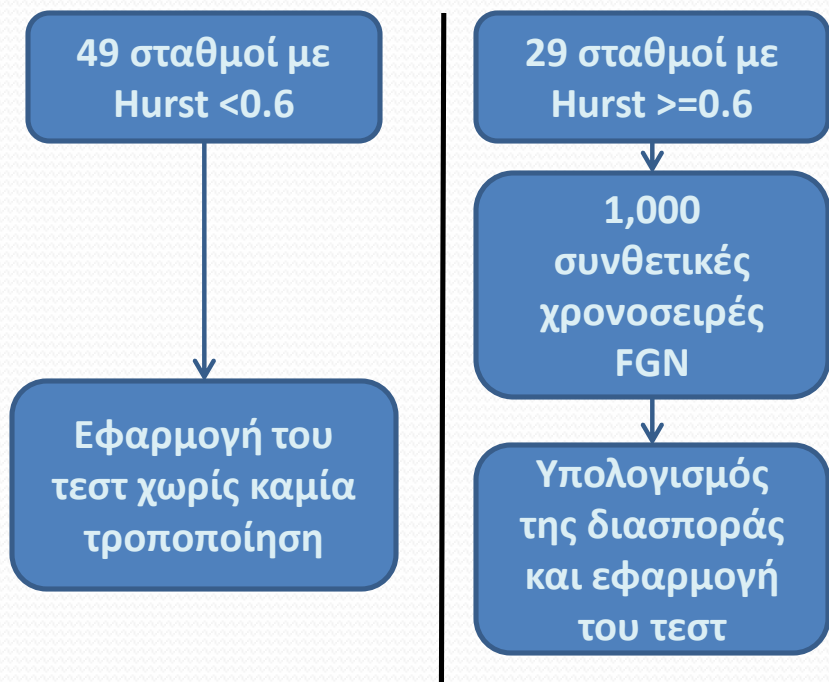
Επιπτώσεις του φαινομένου Hurst στον υπολογισμό των στατιστικά σημαντικών τάσεων

H_0 : Μη ύπαρξη τάσης

	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 10%	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ 5%
H=0.5	9.7	4.6
H=0.6	23.0	15.2
H=0.7	37.8	29.1
H=0.8	50.5	42.6
H=0.9	63.6	56.7

Εφαρμογή του Mann-Kendall τεστ σε 10,000 χρονοσειρές με μεταβαλλόμενο συντελεστή Hurst.

Αποτελέσματα του τεστ Mann-Kendall



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΑΣΕΩΝ-MANN-KENDALL TEST			
	10%	5%	2.50%
ΘΕΤΙΚΕΣ	11	5	1
ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ	22	13	7

Εάν δεν είχε τροποποιηθεί η διασπορά...

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ MANN-KENDALL TEST ΧΩΡΙΣ ΚΑΜΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ			
	10%	5%	2.50%
ΘΕΤΙΚΕΣ	11	9	4
ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ	23	13	10

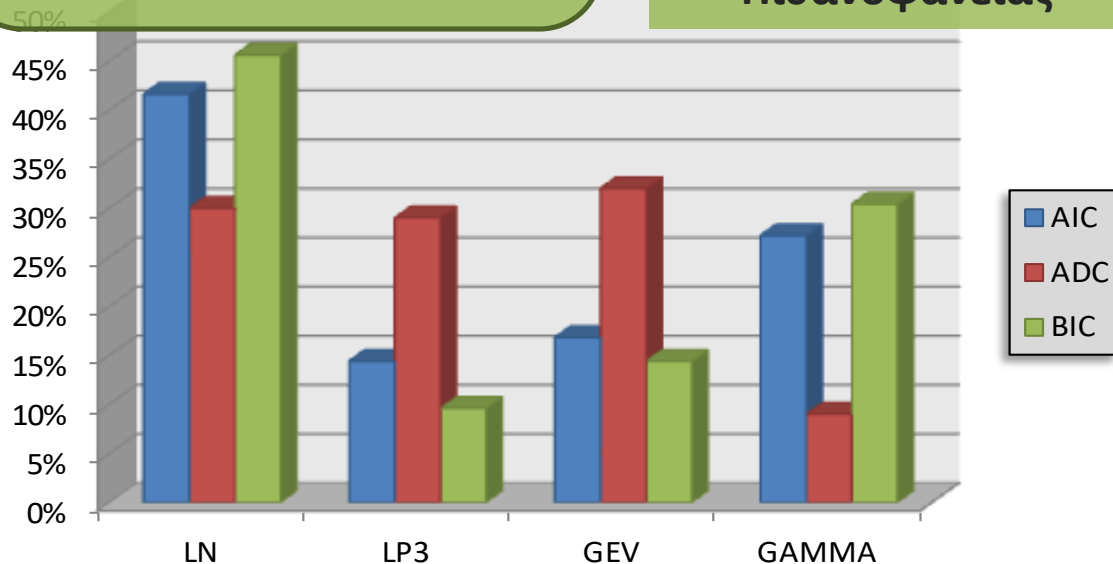
Ειδικά στο πιο «αυστηρό» επίπεδο σημαντικότητας τα αποτελέσματα αποκλίνουν παραπάνω

Προσαρμογή Κατανομών στα δεδομένα

- Log-Normal
- GAMMA
- LP3
- GEV

- Κριτήριο Akaike(AIC)
- Μπεϋζιανο Κριτήριο(BIC)
- Anderson Darling(ADC)

Υπολογισμός παραμέτρων με τη μέθοδο της Μέγιστης Πιθανοφάνειας



•Επιλέχθηκαν 4 κατανομές. Δύο διπαραμετρικές και δύο τριπαραμετρικές για σύγκριση ως προς την καταλληλότητα προσαρμογής τους

•Τα κριτήρια προτιμήθηκαν διότι διακρίνουν *μία* καταλληλότερα προσαρμοσμένη κατανομή

1

Όλες οι κατανομές εμφανίζονται ως κατάλληλες για μοντελοποίηση παροχών αιχμής

2

Η λογαριθμοκανονική κατανομή επιλέγεται σε αρκετά μεγάλα ποσοστά από όλα τα κριτήρια

Τελικά Συμπεράσματα

- Σε παγκόσμια κλίμακα το φαινόμενο παρουσιάζει πολύ μεγάλη διασπορά αλλά και θετική ασυμμετρία
- Υπάρχουν ενδείξεις μακροπρόθεσμης εμμοχής αλλά σε μικρά ποσοστά
- Περιορισμένος αριθμός στατιστικά σημαντικών τάσεων
- Δεν επιβεβαιώνεται κάποιος παγκόσμιος κανόνας μεταβολής των πλημμυρικών παροχών και ειδικότερα αύξησης αυτών
- Οι μειωτικές τάσεις δεν συνδέονται απαραίτητα με ανθρώπινες παρεμβάσεις

**Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή
σας!**

